Aus der Hals-Nasen-Ohren-Abteilung
des Städt. Rudolf-Virchow-Krankenhauses
Chefarzt: Professor Dr. med. Dietrich PELLNITZ

SCHALLDRUCKMESSUNGEN BEIM MEISSELN AM FELSENBEIN

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Helga Liedtke
aus Berlin

1961

Druck:

Ernst - Reuter - Gesellschaft
der Förderer und Freunde der Freien Universität e.V.

Dissertations - Druckstelle

Berlin-Dahlem, Carystr. 45, Tel.: 76 52 61, App. 668

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Abteilung
des Städt. Rudolf-Virchow-Krankenhauses
Chefarzt: Professor Dr. med. Dietrich PELLNITZ

SCHALLDRUCKMESSUNGEN BEIM MEISSELN AM FELSENBEIN

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Helga Liedtke
aus Berlin

Dekan: Professor Dr. med., Dr. med. dent. Ewald Harndt
Referent: Professor Dr. med. Dietrich Pellnitz
Korreferent: Professor Dr. Dr. h. c. Max Heinrich Fischer

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 7. 12. 1961

Inhaltsverzeichnis

I. Fragestellung

II. Eigene Untersuchungen

a) Versuchsanordnung

b) Schallimpulsmessungen beim Meißeln

c) Ausbreitung des Schalls im knöchernen Schädel

III. Besprechung der Meßergebnisse

IV. Zusammenfassung

V. Zusammenstellung der Meßergebnisse

VI. Literaturverzeichnis

I. Fragestellung

Seit dem ersten Weltkrieg werden Schädigungen des Gehörs, die durch Schallwellen hervorgerufen werden, als akustisches Trauma bezeichnet. Die letzten 15 Jahre brachten bedeutende Fortschritte auf dem Gebiet der Erforschung der Schallschädigungen des Innenohres. Die Frage, ob auch Operationen am Ohr als Ursache eines Schalltraumas angesehen werden könnten, wurde zwar diskutiert, aber nicht befriedigend beantwortet. (Marx, Großmann, Hinsberg, Rheese). Messungen des Hörverlustes nach operativen Eingriffen wurden nicht vorgenommen. Erst 1947 gelang es ESCHER in Bern, gewisse Veränderungen des Innenohres, die als kurzdauernde Hörstörungen imponierten, nachzuweisen. Er setzte bei zwei Versuchspersonen durch mehrere Hammerschläge auf das in Lokalanästhesie freigelegte planum mastoideum ein stumpfes Schädeltrauma, welches eine kurzdauernde labyrinthäre Schwerhörigkeit mit ausgeprägter c^5Senke verursachte. Seitdem sind mehrere Arbeiten erschienen, in denen ähnliche Ergebnisse beschrieben werden (SCHUHKNECHT). In der einschlägigen Literatur fanden sich hingegen keine Angaben über die absoluten Schalldruckverhältnisse beim Meißeln.

Das Ziel der Arbeit war es, Schlagimpulse und Schalldruckintensitäten, die beim Meißeln am Ohr auftreten, experimentell zu bestimmen. Hierbei ergab sich die zweite Frage, ob man die Ausbreitung des Schalls im Schädel verfolgen könne.

II. Eigene Untersuchungen

II. a) Versuchsanordnung

Die Technik bei Meißeloperationen ist sehr unterschiedlich. Für mögliche Nebenwirkungen spielen sowohl die Kraft als auch die Elastizität, mit der die einzelnen Schläge ausgeführt werden, die Meißelrichtung, sowie die Art der dabei verwendeten Hämmer und Meißel eine Rolle. Um Schläge mit annähernd gleicher Intensität auswerten zu können, mußte eine Schlagmaschine konstruiert werden.

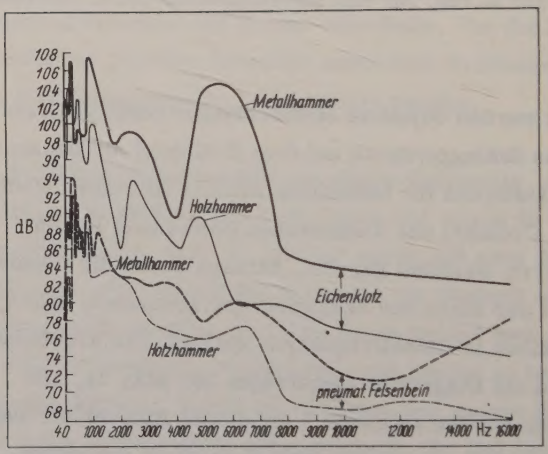
Diese Schlagmaschine bestand aus einem Holzstativ, einer rechteckigen Holzplatte von 3 cm Dicke und einem 40 cm langen Holzstab (s. Abb. 2). Darauf waren mit zwei Scharniergelenken zwei bewegliche Holzarme im Abstand von 4 cm angebracht worden. An ihren Enden befand sich jeweils eine Vorrichtung, um Hammer und Meißel zu befestigen. Der Hammer wurde durch Heben des oberen Holzarmes in die erforderliche Höhe gebracht. Er fiel dann auf den in einer Gleitschiene ruhenden Meißel. So konnte die Schlagkraft des Hammerwerkes ohne Intensitätsverlust auf den Meißel übergeleitet werden.

Zur Normung wurden zunächst Kerben in eine Bleiplatte geschlagen. Die Meißelschläge wurden so kräftig ausgeführt wie zu Beginn einer Radikaloperation beim Durch-

schlagen der Cortikalis, da hierbei bekanntlich die größten Schallimpulse auftreten. Auf das Schlagmaximum wurde bewußt verzichtet, und eine mitteltiefe Kerbe diente zur Einstellung der Schlagmaschine. An der Maschine wurden die gleichen Meißel und Hämmer, das heißt ein Metallhammer (Messing verchromt) und ein Holzhammer (Buchenholz) verwendet. Die Fallhöhe des mit 1 kg Blei beschwerten beweglichen Armes der Schlagmaschine wurde zur Erreichung gleich tiefer Kerben in der Bleiplatte für den Holzhammer auf 30 cm, für den Metallhammer auf 20 cm festgelegt.

Zunächst wurden objektive Meßunterlagen benötigt. Dazu wurde das Schlaggeräusch auf dem Prüfstand für Bauakustik des Institutes für technische Akustik (Direktor: Prof. Dr. Ing. Cremer) der Technischen Universität Berlin durch Herrn Westphal geprüft. Anfangs wurde die Gesamtintensität der einzelnen Schlagimpulse gemessen, später das Geräusch in Einzelfrequenzen zerlegt. Die Ergebnisse wurden in ein Diagramm eingetragen (s. Abb. 1). Die Messungen wurden an einem 7 cm dicken Eichenklotz und später an einem pneumatisierten Felsenbein vorgenommen. Dabei betrug die Intensität des Breitbandgeräusches für den Holzhammer beim Schlag auf den Eichenklotz 104 db, beim Schlag auf das planum mastoideum (Abnahmestelle am porus acusticus int.) 92 db. Für den Metallhammer ergaben sich Intensitäten von 108 dB am Eichenklotz und 94 db am Felsenbein.

Abb. 1



Eichkurve

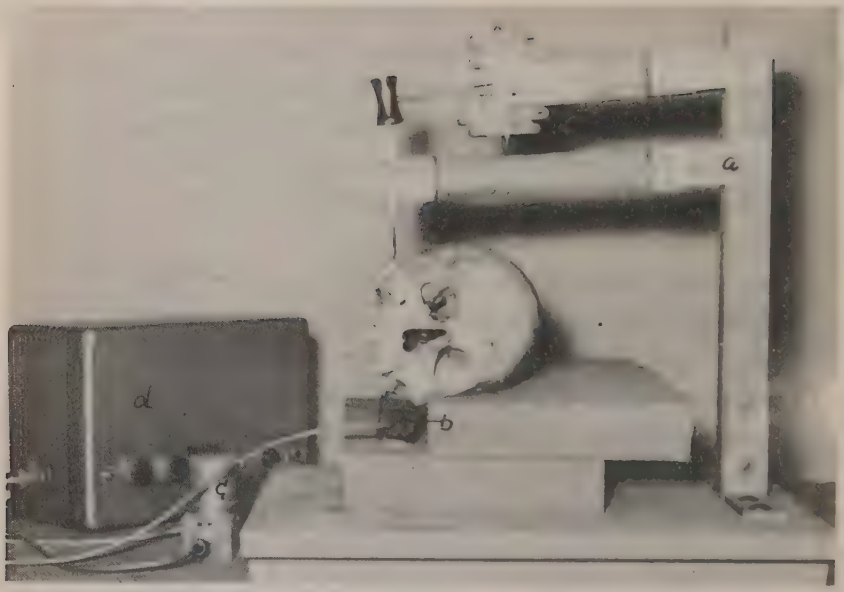
Die am Eichenklotz und am Felsenbein gewonnenen Kurven zeigten untereinander für einzelne Frequenzen erhebliche Unterschiede von 15 db und mehr. Ein kompakter Warzenfortsatz, der für die Messungen nicht zur Verfügung stand, dürfte in seiner Leitfähigkeit zwischen der des Eichenklotzes und des pneumatisierten Felsenbeines liegen.

Die Abbildung 2 demonstriert die Versuchsanordnung zur Ermittlung der Schlagintensitäten im Breitband. Ein Körperschallmikrophon (b) diente zur Abnahme des Schlaggeräusches. Das Mikrophon wurde über einen Breitbandüberträger (c) der Firma Vennebostel zur geradlinigen Einsteuerung, mit einem für die Messungen besonders geschalteten Amplitudenverstärker (d)-Philips verbunden sowie mit einem Pegelschreiber (Brüel u. Kjaer).

Anfangs wurde versucht, das Schlaggeräusch zu synthetisieren. Es gelang aber nicht, das Schlaggeräusch für die nun folgenden elektroakustischen Messungen in seiner vollen spektralen Breite zu reproduzieren. Deshalb erfolgte die Zerlegung in Einzelfrequenzen gemäß den von der Technischen Universität ermittelten Mittelwerten. Als Tongenerator diente ein Atlasaudiometer. Es erschien wegen seiner variierbaren Eichmöglichen besonders geeignet.

Unter Kontrolle eines Elektroakustikers wurde der Ausgangspegel des Audiometers auf die Eichkurve der Tech-

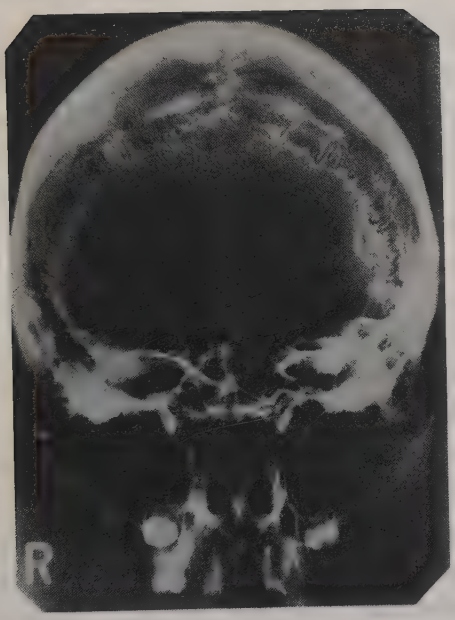
Abb. 2



Versuchsanordnung zur Ermittlung der Schlagintensität i. Brettbau

Abb. 3

Versuchsanordnung zur Feststellung der Durchgangsfrequenzen


R
L

nischen Universität eingestellt, und zwar so, daß die Intensitätseinstellung für das Metall- und das Holzhammergeräusch auf der Skala für alle Frequenzen jeweils die gleiche bleiben konnte. Das erleichterte die Durchführung der Untersuchungen erheblich. Vor allem wurden die Fehlermöglichkeiten gemindert. Die Messungen erfolgten in den Frequenzen 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096 und 8192 Hz. In den Abbildungen erscheinen die Werte abgerundet.

Die Versuchsanordnung zur Ermittlung der Durchgangsfrequenzen ist aus der Abbildung 3 ersichtlich. Sie setzte sich folgendermaßen zusammen: Von dem als Tongenerator dienenden Atlasaudiometer (a) wurde der Ton mittels einer Tongebersonde (b) auf den Schädel übertragen. Die Tonabnehmersonde (c) wurde wie vorher über den vorgeschalteten Breitbandüberträger mit dem Amplitudenverstärker (d) verbunden. Tongeber- und Tonabnehmersonde wurden in Gummiringen aufgehängt, damit die Schwingung derselben nicht beeinträchtigt werden konnte. Der Pegelschreiber (e) wurde in einiger Entfernung vom Verstärker montiert. So konnten elektrische Streufelder vermieden werden, die anfangs aufgetreten waren. Um die Meßgeräte auf den Abbildungen zeigen zu können, wurden sie zusammengerückt. Die Entfernung der einzelnen Apparate zueinander war in Wirklichkeit eine größere.

Für die Messungen wurden eine Schädelbasis und ein Schädel mit erhaltener Kalotte benutzt, der bei einer Röntgen-

kontrolle mittel- bis großzellige Pneumatisation aufwies (s. Röntgenbild). Um ihn den physikalischen Verhältnissen eines Lebenden anzupassen, wurde er vom foramen occipitale magnum aus mit Glaserkitt gefüllt, der frisch zubereitet war.

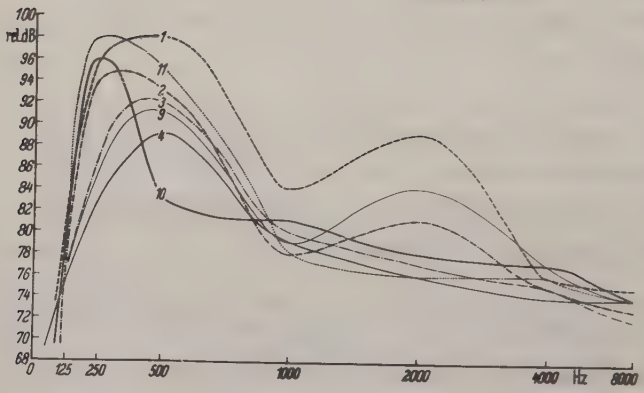
Später wurden Schlagimpulsmessungen an vier Versuchspersonen vorgenommen. Diese abschließenden Messungen sollten mögliche Korrelationen zwischen den Modellversuchen und denen am Lebenden aufzeigen.

Die Untersuchungen wurden in einem von störenden Außengeräuschen freien Kellerraum durchgeführt.

II. b) Schallimpulsmessungen beim Meißeln

Die ersten Messungen wurden an einer offenen Schädelbasis vorgenommen. Die Tongebersonde lag einem Warzenfortsatz an, die Tonabnehmersonde dem gegenüberliegenden. Der Schalldruck wurde in sämtlichen Frequenzen (s. Seite 5) zur Kontrolle dreimal gemessen und der Mittelwert als Meßergebnis verwertet. Die größte Schallintensität betrug sowohl für den Holz- als auch für den Metallhammer 98 db und lag in dem Frequenzbereich von 250 und 500 Hz (Abb. 4).

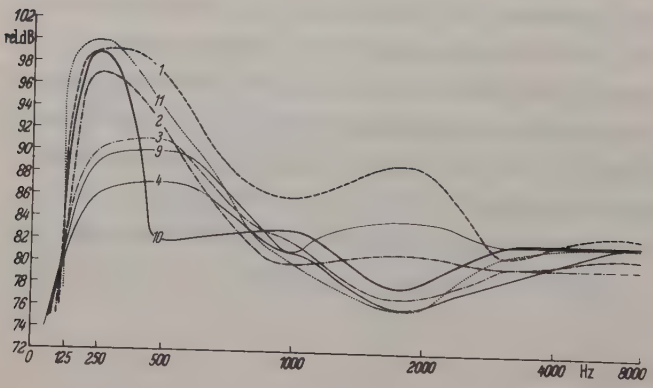
Holzhammer



Schalldruckmessung an der Schädelbasis

Abb. 4

Metallhammer



Wie aus der Kurve zu ersehen ist, fiel die Schallstärke dann zunächst kontinuierlich ab. Sie erreichte einen zweiten wesentlich niedrigeren Gipfel von 88 db bei 2000 Hz. Danach trat ein rasch zunehmender Intensitätsverlust auf.

Es folgte die Schalldruckmessung am ganzen Schädel. Das Schallmaximum lag wiederum zwischen 250 und 500 Hz, die Intensität betrug 87 db (s. Abb. 5 und 6). In den höheren Frequenzen ergab sich im Vergleich zur Schädelbasis eine geringere Schallstärke. Das Ansteigen der Kurve im hohen Frequenzbereich beim Versuch, den Intensitätsverlust für das Metallhammergeräusch zu ermitteln, deutet wahrscheinlich auf Eigenschwingungen des Übertragungssystems hin, die sich nicht ausschließen ließen.

Zur Kontrolle der vorangegangenen Modellversuche wurde an vier Versuchspersonen noch einmal die Übertragung der Schallintensitäten für die einzelnen Frequenzen von Warzenfortsatz zu Warzenfortsatz gemessen. Die Ergebnisse wurden in ein Koordinatensystem eingetragen (s. Abb. 7). Hierbei verliefen die Kurven von drei Versuchspersonen annähernd parallel. Sie zeigten die größte Schallstärke zwischen 250 und 500 Hz. Holz- und Metallhammergeräusch unterschieden sich um 2 - 6 db. Die Meßkurve der vierten Versuchsperson lag erheblich höher, der Intensitätsverlust war also geringer. Röntgenbilder zeigten, daß die Warzenfortsätze dieser Versuchsperson im Gegensatz zu denen der übrigen, die eine gute Pneumatisation aufwiesen, sklerosiert waren.

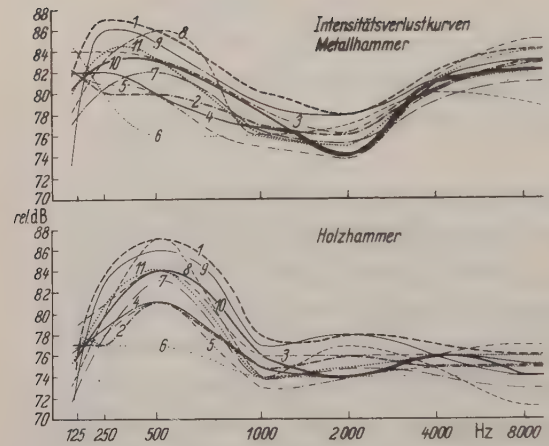


Abb. 5

Abb. 6

am Schädel

Schalldruckmessung

an Versuchspersonen

Holzhammer

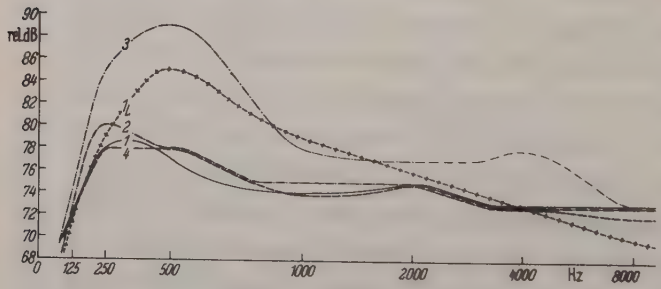
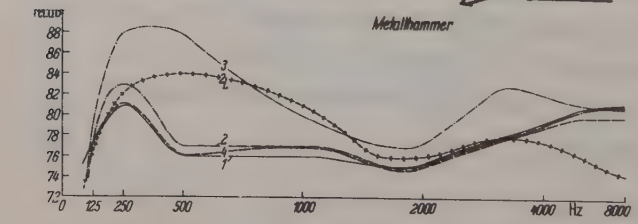


Abb. 7

Metallhammer



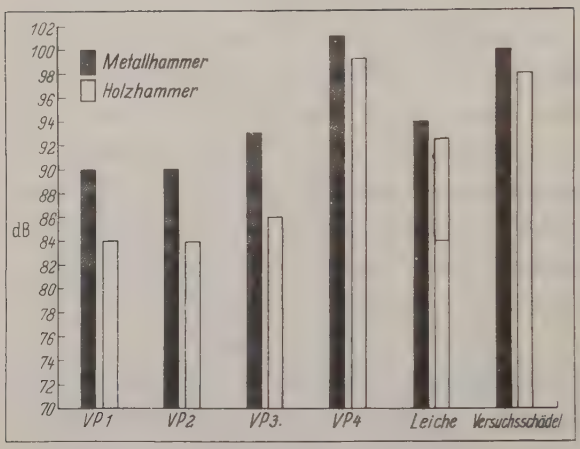
Anschließend erfolgte eine Schallimpulsmessung gleicher Art an der Leiche. Die Abbildung 7 demonstriert die hierbei gewonnenen Kurven, die sich in ihrem Verlauf nicht grundsätzlich von denen der Versuchspersonen und des Modellschädels unterscheiden. Zieht man in Betracht, daß die Tongeber- und die Tonabnehmersonde hier wie am Versuchsschädel unmittelbar am Knochen angelegt werden konnten und eine Dämpfung durch deckende Weichteile wie beim Lebenden fortfiel, dürften die Ergebnisse beim Vergleichen der betreffenden Kurven als befriedigend angesehen werden.

Um die Meßergebnisse übersichtlich zu gestalten, wurden die für die einzelnen Frequenzen ermittelten Schallintensitäten in einem arithmetisch errechneten Mittelwert zusammengezogen. So ergab sich jeweils ein Schallpegel des Metall- und des Holzhammergeräusches, die in der Abbildung 8 als Vergleichssäulen eingetragen wurden.

II. c) Ausbreitung des Schalls im knöchernen Schädel

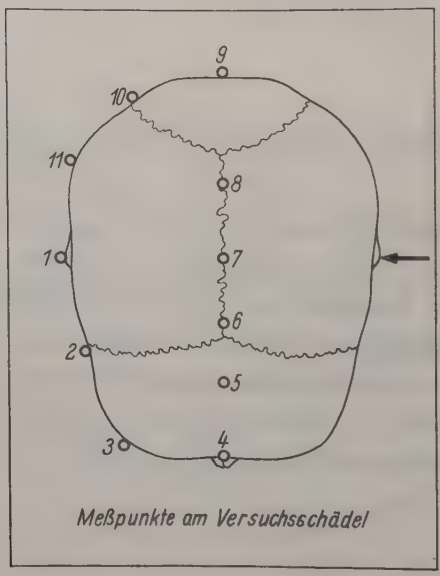
Unter den gleichen Versuchsbedingungen erfolgten zunächst Messungen an der offenen Schädelbasis. Die Tongebersonde lag immer einem Warzenfortsatz an. Die Tonabnehmersonde wurde an verschiedenen Punkten der Schädelbasis angelegt. So sollte festgestellt werden, zu welchen Meßpunkten die Schallintensitäten am besten übertragen werden. Folgende Punkte wurden angenommen (s. Abb. 9):

Abb. 8



Schallpegel der Hammergeräusche

Abb. 9



1. der gegenüberliegende Warzenfortsatz
2. 5 cm vor dem Warzenfortsatz
3. seitlich der knöchernen Orbita
4. Stirn
9. Hinterkopf (protuberantia occipitalis ext.)
11. 5 cm hinter dem Warzenfortsatz
10. zwischen den Punkten 9 und 11.

An allen Punkten wurde der Schalldruck für alle Frequenzen (siehe auch Seite 5) zur Kontrolle dreimal gemessen und der Mittelwert als Meßergebnis gewertet. Die beste Leitung war für alle Frequenzen von Warzenfortsatz zu Warzenfortsatz feststellbar, wie aus der Abbildung 4 zu ersehen ist. Die größte Intensität lag mit 98 db zwischen 250 und 500 Hz (s. auch Seite 6). Eine annähernd gleich gute Leitung war zum Punkt 11 (5 cm hinter dem Warzenfortsatz) mit 96 db meßbar. Für alle übrigen Meßpunkte ergaben sich wesentlich größere Schallintensitätsverluste. Die Abbildung zeigt, daß die Vergleichswerte der einzelnen Meßpunkte untereinander auch in den höheren Frequenzen bei einem ganz allgemeinen Intensitätsverlust ähnlich waren.

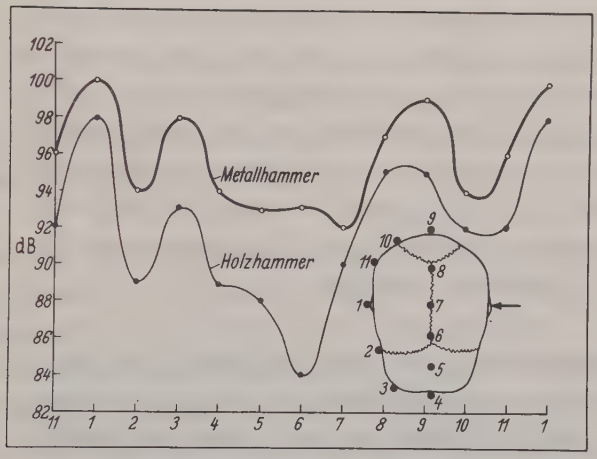
In einer neuen Versuchsreihe wurde die Fortleitung des Schalls im ganzen Schädel verfolgt. Die Tongebersonde lag erneut einem Warzenfortsatz an. Die Tonabnehmersonde wurde an den Punkten angelegt, die auch für die Schädelba-

sis galten. Hinzu kamen noch vier weitere Meßpunkte auf dem Scheitel von der Stirn bis zum Hinterhaupt. (Abb. 9)

An jedem Punkt wurde wiederum jede Frequenz dreimal gemessen. Um einen Überblick über die Meßwerte zu erhalten, erfolgte deren Eintragung in ein Koordinatensystem (s. Abb. 5 und 6). Auf der Ordinate sind die Intensitäten, auf der Abszisse die Frequenzen angegeben. Jede Kurve bezieht sich auf einen Meßpunkt. Die Kurven verliefen untereinander annähernd parallel. Der Warzenfortsatz und die ihm benachbarten Punkte wiesen eine Leitung mit größter Intensität für alle Frequenzen um 500 Hz auf. Das Ansteigen in den höheren Frequenzen bei der Verwendung des Metallhammergeräusches war sicher durch eine gewisse Resonanz des Übertragungssystems bedingt (s. auch S. 7).

Um die Verhältnisse übersichtlicher zu gestalten, wurde aus den Schallintensitäten der einzelnen Frequenzen arithmetisch ein Mittelwert errechnet. Die so gefundenen Schallpegel des Metall- und des Holzhammergeräusches wurden in einem Diagramm festgehalten (Abb. 10). Die besten Überleitungen erfolgten von Warzenfortsatz zum gegenüberliegenden Warzenfortsatz (1), zur seitlichen Stirn (3) und zum Hinterhaupt (9). Die größten Intensitätsverluste traten beim Durchgang zur Schläfe und zum Scheitel (2 und 6) auf. Die Kurve des Metallhammergeräusches lag in ihrer Intensität 2 - 6 db höher als die des Holzhammergeräusches.

Abb. 10



Ausbreitung des Schalls

III. Besprechung der Meßergebnisse

Schallimpulsmessungen beim Meißeln an einem präparierten Schädel ergaben am Gegenohr Schallintensitäten von etwa 90 db in einem mittleren Frequenzbereich von 250 und 500 Hz. Beim Vergleich der Schlaggeräusche des Holz- und des Metallhammers zeigten sich gleiche Schalldruckwerte. Oberhalb 4000 Hz ließen sich bei der Verwendung des Metallhammers noch größere Intensitäten nachweisen. Sie erreichten aber nicht mehr das angeführte Schallmaximum von 90 db und waren eventuell als Resonenzerscheinungen des Übertragungssystems zu erklären. Bei ähnlichen Druckmessungen an der Leiche und an vier Versuchspersonen waren keine wesentlichen Abweichungen in den Ergebnissen zu erkennen. Die Schallstärken lagen im allgemeinen etwas niedriger als am knöchernen Schädel.

Ein ähnliches Verhalten fand auch DIEROFF (1961) bei seinen Untersuchungen. Ihm gelang es, einen Spitzenschalldruck von 139 db nachzuweisen, der im Gehörgang als Luftschall gemessen wurde. Er war der Auffassung, daß die Beschaffenheit des Knochens von maßgebender Bedeutung sei. Das Durchschlagen der Corticalis und das Meißeln am eburnisierten Knochen führe zu den größten Schallintensitäten. Diese Beobachtungen decken sich mit den unsrigen. Die Messung der Schallqualitäten bei einer Versuchsperson mit ausgesprochener Pneumatisationshemmung hatten einen Spitzenschalldruck von 102 db ergeben.

Die Ausbreitung des Schalls im Schädel wurde bereits von VON BÉKÉSY beschrieben. Er fand, daß der Schädel bei Knochenleitungsanregung symmetrische Schwingungen ausführt, das heißt, daß beide Ohren gleichzeitig nach einwärts komprimiert und gleichzeitig wieder nach auswärts expandiert werden. Das umgekehrte symmetrische Verhalten ließ sich bei Stirn und Hinterhaupt feststellen. Wir fanden, daß die Übertragung des Schalls von Warzenfortsatz zum Warzenfortsatz am besten erfolgt. Der Impuls wurde mit einem minimalen Verlust von 10 % auf das Gegenohr übertragen. Ähnlich gute Überleitungen fanden sich zur seitlichen Stirn und zum Hinterhaupt. Hier betrugen die Verluste 10 - 15 %.

Die erwähnten Schallenergien und die Fortleitung im knöchernen Schädel lassen erkennen, daß durch Meißeln am Gegenohr wohl ein akustisches Trauma gesetzt werden kann, aber bei schonenden Meißeloperationen kaum vorkommen dürfte. Zu ähnlichen Ergebnissen führten die Versuche von RÜEDI, die zeigen, daß durch Hammerschläge auf das planum mastoideum vorübergehende doppelseitige Innenohrschäden gesetzt werden können, die sich aber in kurzer Zeit völlig zurückbildeten.

V. Zusammenfassung

An einem präparierten Schädel wurden beim Meißeln Schalldruckmessungen vorgenommen. Die Untersuchungen ergaben, daß bei kräftigen Meißelschlägen mit einer Intensität des Gesamtgeräusches von über 100 db zu rechnen ist. Verglichen mit anderen Punkten des Schädels erfolgte die beste Überleitung von Warzenfortsatz zu Warzenfortsatz. Das Maximum betrug hier im Mittel 87 db. Bei vier Versuchspersonen wurden Schalldrucke von durchschnittlich 81 db festgestellt. Die Mittelwerte der Schallintensitäten kurvenmäßig dargestellt, zeigten gegenüber dem Kurvenverlauf der am Schädel erhaltenen Durchschnittswerte keine grundsätzlichen Unterschiede. Die Härte und Dichte des Knochens sind für die auftretenden Spitzenschalldrucke von ausschlaggebender Bedeutung. Je eburnisierter der Warzenfortsatz ist, desto größer wird die durch das Meißeln ausgelöste Schallintensität. Bei toxisch bereits geschädigten Ohren oder solchen mit deutlicher Pneumatisationshemmung muß damit gerechnet werden, daß die Unannehmlichkeitsgrenze im Laufe einer Meißeloperation auch am Gegenohr erreicht oder überschritten wird. Dagegen erscheinen durch solche Manipulationen bedingte dauernde Schäden des Gegenohres im Sinne eines akustischen Traumas unwahrscheinlich.

V. Zusammenstellung der Meßergebnisse

Tabelle 1

Schallintensitäten - Schädelbasis - Holzhammer

(Abbildung 4)

Hz		128	256	512	1024	2048	4096	8192	
Meß-punkte	1	80	96	98	84	89	76	75	db x)
	2	77	94	93	78	81	75	73	
	3	76	87	92	80	77	75	72	
	4	75	83	89	79	76	74	74	
	9	77	86	91	79	74	77	74	
	10	79	96	83	81	78	77	74	
	11	79	98	95	78	76	76	74	

Tabelle 2

Schallintensitäten - Schädelbasis - Metallhammer

(Abbildung 4)

Hz		128	256	512	1024	2048	4096	8192	
Meß-punkte	1	85	99	97	86	89	81	83	db
	2	82	97	92	80	81	80	81	
	3	81	90	91	82	77	80	80	
	4	80	86	88	81	76	79	82	
	9	82	89	90	81	84	82	82	
	10	84	99	82	83	78	82	82	
	11	84	100	94	80	76	81	82	

Tabelle 3

Schallintensitäten - Schädel - Holzhammer

(Abbildung 6)

Hz		128	256	512	1024	2048	4096	8192	
	1	78	84	87	78	78	77	76	db
Meß-	2	77	77	81	75	76	75	75	
punkte	3	79	81	84	76	76	76	77	
	4	77	79	81	75	74	76	75	
	5	77	78	81	73	74	75	75	
	6	78	77	77	74	74	74	74	
	7	73	78	83	74	75	74	73	
	8	74	80	87	74	77	75	71	
	9	73	83	86	77	78	76	74	
	10	76	80	84	76	74	76	74	
	11	76	81	84	74	75	76	76	

Tabelle 4

Schallintensitäten - Schädel - Metallhammer

(Abbildung 5)

Hz		128	256	512	1024	2046	4096	8192	
	1	82	87	86	80	78	82	84	db
Meß-	2	82	80	80	77	76	80	83	
punkte	3	84	84	83	78	76	81	85	
	4	82	82	80	77	74	81	83	
	5	82	81	80	75	74	80	83	
	6	83	80	76	76	74	79	82	
	7	78	81	82	76	75	79	81	
	8	79	83	86	76	77	80	79	
	9	78	86	85	79	78	81	82	
	10	81	83	83	78	74	81	82	
	11	81	84	83	76	75	81	84	

Tabelle 5

Schallintensitäten - 4 Versuchspersonen - Holzhammer

1 Leiche

(Abbildung 7)

(gemessen am Warzenfortsatz)

Hz	128	256	512	1024	2048	4096	8192	
1. Versuchsperson	72	78	77	74	75	73	73	db
2. Versuchsperson	72	80	78	75	75	73	73	
3. Versuchsperson	72	78	78	74	75	73	72	
4. Versuchsperson	74	85	89	78	77	78	73	
Leiche	71	79	85	79	76	73	69	

Tabelle 6

Schallintensitäten - 4 Versuchspersonen - Metallhammer

1 Leiche

(Abbildung 7)

Hz	128	256	512	1024	2048	4096	8192	
1. Versuchsperson	77	81	76	76	75	78	81	db
2. Versuchsperson	77	83	77	77	75	78	81	
3. Versuchsperson	77	81	77	76	75	78	80	
4. Versuchsperson	79	88	88	80	77	83	81	
Leiche	76	82	84	81	76	78	77	

x) sämtliche Zahlen stellen Mittelwerte dar.

VI. Literaturverzeichnis

ALEXANDER, G. "Schußverletzungen des Ohres", Hdb.d. Neurologie des Ohres, Bd. 2, S. 449 ff., Wien 1928

BARTH zit. in ESCHER

v. BÉKÉSY, O. zit. in LANGENBECK

BRUNNER "Commotio auris int.", Hdb.d. Neurologie des Ohres, Bd. 2, S. 305, Wien 1926

BEYER, H. "Antrumaufmeißelungen", Hdb.d.speziellen Chirurgie des Ohres, Bd. 2, S. 367-478, Leipzig 1922

DIEROFF, H.G. "Schallverhältnisse beim Meißeln und Fräsen am Ohr", Arch.Ohren- usw.Heilk.u. Z.Hals- usw. Heilk., 177, S. 153-159, Berlin 1961

ESCHER, F. "Die otologische Beurteilung des Schädeltraumatikers", Practa oto-rhino-laryngica 10, Suppl.1, S. 5-149, Basel 1948

GRAEF, F.W. "Simple mastoid operation and some functional results", Laryngoscope 46, S. 427-436, 1936

GROSSMANN, F. "Über psychische Störungen nach Warzenfortsatzoperationen", Z.Ohrenheilkunde Bd. 49, S. 209-269, Wiesbaden 1905

HELLMANN, K. "Zur pathologischen Anatomie nach Kopfschuß", Z.Hals- usw. Heilk., Bd. 1, S. 358-370, Berlin-München 1922

HINSBERG, V. "Die tympanogene Labyrinthentzündung", Hdb. d. Hals- usw. Heilk. Bd. 7, S. 477-490, Berlin 1926

LANGENBECK, B. Hörschwellenaudiometrie, Leitfaden der prakt. Audiometrie, S. 1-68, G. Thieme-Verlag, Stuttgart 1952

MARX, H. "Commotio labyrinthi nach mechanischer Erschütterung des Schädels", k. Hdb. d. Ohrenheilk. S. 775-778, Jena.

MARX, H. "Fehler und Gefahren bei Ohrenoperationen", Verhandlungsbericht d. dtsch. Hals- usw. Ärzte XXI. Jahresversammlung, S. 95, Bad Kissingen 1950

MARTIN, R. Der Schädel als Ganzes, Lehrbuch der Anthropologie, Bd. 2, S. 705, Jena 1928

MUCK, O. "Das mechanische Trauma des Labyrinths", Hdb. d. Hals- usw. Heilk. Bd. 8, S. 333-335, Berlin 1927

PELLNITZ, D. "Untersuchungen zur Feststellung möglicher Nebenwirkungen beim Meißeln am Ohr", Arch. Ohren- usw. Heilk. 175, S. 519, Berlin 1959

RHEESE "Traumatische Vestibularisläsion", Internat. Zbl. f. Ohrenheilk. Bd. 12, 1, S. 1-17, Leipzig 1914

RHEESE "Beteiligungen des inneren Ohres nach Kopferschütterungen", Z. f. Ohrenheilk. 52, S. 320

RÜEDI, L. Die Schallschädigungen des Ohres, Documenta Geigy Mensch und Umwelt Nr. 2 und Nr. 3 Basel 1957

RÜEDI, L. u. FURRER, W. "Das akustische Trauma", Practa oto-rhino-laryng. Bd. 8, Basel 1947

SCHUHKNECHT, H. F. "A clinical study of auditory damage following blows to the head", Ann. Otol., 59, S. 331-358, Mi. USA 1950

SKUDRZYK, E. "Das menschliche Ohr", Grundlagen der Akustik S. 562-609, S. 70 7, Springer-Verlag, Wien 1954

ULRICH, K. "Commotio labyrinthi", Vereinigung schweizer. Hals- und Ohrenärtze, S. 173, 1920

ULRICH, K. "Verletzungen des Gehörganges bei Schädelbasisfrakturen", Acta oto-laryng., Suppl. 11, Stockholm 1926

UFFENORDE, W. "Verletzungen des inneren Ohres", Hdb. d. speziellen Chirurgie des Ohres, Bd. 2, S. 790, Leipzig 1920

Lebenslauf

Am 13. Juli 1935 wurde ich als Tochter des Ingenieurs Erwin Liedtke und seiner Ehefrau Gerda, geb. Tschuschke, in Berlin geboren. Nach 4-jähriger Volksschulzeit besuchte ich die Luise Henriette-Schule in Berlin-Tempelhof, wo ich im März 1954 meine Reifeprüfung ablegte. Im Sommersemester 1954 wurde ich an der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin immatrikuliert und legte nach 11-semestrigem Studium im Frühjahr 1960 mein medizinisches Staatsexamen ab. In der Zeit vom 1. Juli 1960 bis zum 30. Juni 1961 war ich im Städt. Rudolf Virchow-Krankenhaus als Medizinalassistentin tätig. Seit dem 1. Juli 1961 bin ich in der Städt. Frauenklinik Neukölln als Medizinalassistentin beschäftigt.